

A1

DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION

②①

N° 75 37493

⑤④ Procédé d'épuration d'eaux usées.

⑤① Classification internationale (Int. Cl.²). C 02 C 1/17.

②② Date de dépôt 8 décembre 1975, à 15 h 49 mn.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée :

④① Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. - «Listes» n. 27 du 8-7-1977.

⑦① Déposant : Société dite : BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE, résidant en Suisse.

⑦② Invention de :

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Cabinet Z. Weinstein.

La présente invention a pour objet un procédé d'épuration d'eaux usées renfermant des effluents organiques bio-dégradables.

On connaît des procédés d'épuration biologique des eaux usées qui renferment des effluents organiques bio-dégradables. Parmi ces
5 procédés, on peut citer, par exemple, le procédé dit "d'épandage", celui dit de "lagunage" et un procédé qui consiste à effectuer une décantation primaire suivie d'une épuration par traitement, en présence de la microflore naturelle, sur filtres bactériens ou dans des bassins d'aération.

10 Certains de ces procédés, comme par exemple le lagunage et l'épandage, permettent non seulement de diminuer la charge en matières organiques polluantes dans les eaux traitées mais encore de valoriser cette charge pour l'enrichissement du sol en humus.

D'autres procédés d'épuration biologique, comme l'épuration
15 sur filtres bactériens, ne permettent pas la valorisation de la charge organique car ils entraînent sa biodégradation complète (jusqu'à CO_2 et H_2O).

Enfin, certains procédés d'épuration biologique, comme l'épuration dans des bassins d'aération, aboutissent à la production d'un
20 volume important de boues activées, ce qui pose le problème de l'assainissement de ces dernières. Cet assainissement est généralement effectué soit en provoquant la digestion bactérienne anaérobie des boues activées - ce qui s'accompagne de la libération de charges minérales, qui sont également une source de pollution, mais aussi
25 d'un dégagement de méthane que l'on peut récupérer - soit par déshydratation et incinération des boues activées.

Tous les procédés d'épuration des eaux qui viennent d'être mentionnés conduisent à une perte au moins partielle de l'énergie solaire accumulée dans les charges organiques polluantes.

30 Le but de l'invention est de permettre de valoriser les effluents organiques sous forme de protéines qui peuvent être utilisées en vue de l'alimentation animale, ou même humaine, tout en évitant la production de boues activées.

A cet effet, le procédé selon l'invention est caractérisé par
35 le fait que l'on fait croître une culture de microorganismes, choisis parmi les bactéries aérobies et les levures, en utilisant ces eaux comme milieu de culture et en maintenant la croissance

de ces microorganismes en phase exponentielle, que l'on utilise la biomasse ainsi obtenue comme milieu nutritif d'une culture de protozoaires et que l'on sépare la biomasse de protozoaires de l'eau épurée.

5 Comme culture de bactéries aérobies, on peut utiliser, par exemple, une culture de l'une des souches de bactéries suivantes : *Pseudomonas* sp et *Brevibacterium* sp, ou une culture mixte de bactéries aérobies.

10 Comme culture de levures, on peut, par exemple, utiliser des levures du genre *Torula*.

On peut également employer, comme culture de microorganismes, des mélanges de bactéries aérobies et de levures.

De manière générale, on peut utiliser toute culture de microorganismes, aptes à proliférer en présence des effluents contenus
15 dans les eaux à traiter et capables, d'autre part, d'être intégralement ingérés par des protozoaires.

Comme culture de protozoaires, on utilise de préférence une culture d'au moins une souche de protozoaires ciliés. Les protozoaires ciliés présentent en effet l'avantage d'avoir une membrane
20 externe non rigide et de nature essentiellement protéique, ce qui pourrait rendre inutiles des opérations d'extraction ultérieures de ses protéines, ou tout au moins faciliter de telles opérations, en vue de l'utilisation de ces protozoaires à des fins alimentaires.

25 Le procédé selon l'invention peut être mis en oeuvre de plusieurs manières, par exemple sous forme d'une épuration du type dit "multi-étage-continue" ou sous forme d'une épuration du type dit "mixte-stationnaire".

Le dessin annexé représente, schématiquement et à titre
30 d'exemple, deux schéma-blocs illustrant la mise en oeuvre pratique du procédé conforme à l'invention.

La fig. 1 est un schéma-bloc illustrant l'épuration "multi-étage-continue".

La fig. 2 est un schéma-bloc illustrant l'épuration "mixte-stationnaire".
35

Lors de la mise en oeuvre de l'épuration conformément

au schéma représenté à la fig.1, un réacteur d'épuration 5 (constitué par un ou plusieurs bassins d'aération) est alimenté simultanément et de manière continue en eau usée à purifier provenant d'un réservoir 1, en milieu minéral liquide provenant d'un réservoir 2 et destiné à ajuster à une valeur convenable la teneur en sels minéraux dans le milieu de culture bactérienne, contenu dans le réacteur 5, en milieu de propagation de la culture bactérienne, provenant d'un réservoir 3 et en milieu liquide acide ou basique, provenant d'un réservoir 4, et destiné à ajuster de manière continue le pH du milieu de culture dans le réacteur 5 à une valeur optimale pour la croissance des bactéries.

Les débits respectifs des liquides provenant des réservoirs 1 à 4 dans le réacteur 5 sont réglés de manière automatique de façon à conférer au milieu de culture bactérienne les concentrations en effluent, sels minéraux et bactéries ainsi que le pH optimaux pour la prolifération des bactéries en phase exponentielle.

La biomasse bactérienne obtenue dans le réacteur 5 est transférée de manière continue, avec le milieu aqueux dans lequel elle est en suspension, dans un réacteur 6 de transformation de cette biomasse bactérienne en protozoaires.

Le réacteur 6 est alimenté en milieu de propagation de la culture de protozoaires provenant d'un réservoir 7.

La biomasse de protozoaires obtenue par transformation, dans le réacteur 6, de la biomasse bactérienne en protozoaires est transférée de manière continue, avec le milieu aqueux dans lequel elle est en suspension, dans un séparateur 8 où est effectuée la séparation de l'eau épurée, qui est transférée dans un collecteur approprié 9, et de la biomasse de protozoaires qui est transférée dans un collecteur 10 puis séchée en 11.

Conformément au mode de mise en oeuvre du procédé représenté à la fig.2, l'épuration est effectuée grâce à la croissance dans le même milieu d'une culture de microorganismes choisis parmi les bactéries aérobies et les levures, cette culture étant nourrie aux dépens de la charge organique des effluents, et d'une culture de protozoaires, nourrie par digestion de la biomasse bactérienne, dans un réacteur 5' qui peut être, en pratique,

constitué par un ou plusieurs bassins d'aération.

Le réacteur 5' est alimenté en eau usée à purifier, en milieu liquide d'ajustement de la teneur en sels minéraux, en milieu de propagation de la culture bactérienne et en milieu liquide d'ajustement du pH, provenant respectivement des réservoirs 1, 2, 3 et 4 et en milieu de propagation de la culture de protozoaires provenant d'un réservoir 7'.

Contrairement au cas du mode de mise en oeuvre du procédé illustré à la fig. 1, l'alimentation du réacteur 5' en culture bactérienne n'est pas effectuée en continu mais de manière discontinue, de façon à permettre l'obtention finale d'une biomasse de protozoaires exempte de bactéries non digérées.

La biomasse de protozoaires obtenue dans le réacteur 5' est transférée, avec le milieu aqueux dans lequel elle est en suspension, dans un séparateur 8' où est effectuée la séparation de l'eau épurée, qui est transférée dans un collecteur approprié 9' et de la biomasse de protozoaires qui est transférée dans un collecteur 10' puis séchée en 11'.

Exemple 1 :

Epuration d'eaux usées, de nature analogue à celle d'effluents liquides de fromagerie, renfermant 1 gramme par litre de lactose et contenant en outre les ions suivants, en concentrations respectives indiquées en gramme par litre :

Azote exprimé en	NH_4^+	: 0,067
	K^+	: 0,01
	Na^+	: 0,048
	Mg^{++}	: 0,012
	Ca^{++}	: 0,005
	Fe^{3+}	: 0,003
	Mn^{2+}	: 0,0005
	Cu^{++}	: 0,0002
	Cl^-	: 0,225
	SO_2	: 0,042

et 0,121 gramme par litre de P_2O_5 .

La charge initiale en matières organiques de l'effluent à traiter, mesurée par sa demande chimique d'oxygène (D.C.O.) est de 1123 mg O_2 / litre.

On met en oeuvre l'épuration, conformément à la manière illustrée à la fig.1, dans les conditions suivantes :

- Milieu minéral liquide (réservoir 2) : solution aqueuse de chlorure d'ammonium en concentration et volume correspondant à 0,19 g/litre dans le réacteur 5 (correspondant à une teneur en azote de 0,05 g/litre, et à un rapport carbone/azote(C/N) égal à 8 dans le milieu de croissance bactérienne du réacteur 5).

- Milieu de propagation de la culture bactérienne(réservoir 3): souche de *Pseudomonas* sp.

- Rendement de production de la biomasse bactérienne par rapport aux hydrates de carbone : 45% en poids.

- Milieu de propagation de la culture de protozoaires (réservoir 7) : souche de *Tetrahymena pyriformis*.

- Rendement d'épuration global: 92,8% (mesuré d'après la demande chimique d'oxygène - DCO = 80 mg O₂/litre - de l'eau après traitement).

- Rendement d'obtention de protozoaires(réservoir 11) : 200 kg de matière sèche pour un volume initial d'eau usée de 1000 m³. Cette quantité de protozoaires renferme environ 100 kg de protéines de haute valeur nutritionnelle, avec la composition suivante, exprimée en pourcentage pondéral, en acides aminés :

Leucine : 7,9

Isoleucine:5,3

Valine : 4,9

Thréonine: 8,5

Méthionine:1,9

Arginine : 4,8

Histidine:2,8

Phénylalanine:4,2

et , également, une certaine quantité de lysine, cystine, et tryptophane.

Exemple 2 :

Epuration, conformément au mode de mise en oeuvre du procédé illustré à la fig.2, d'eaux usées de même nature que celles dont la composition est indiquée dans l'exemple 1 mais renfermant 2 grammes/litre de lactose et ayant une demande

chimique d'oxygène initiale de 2392 mg O₂/ litre.

- Milieu minéral liquide (réservoir 2) : solution aqueuse de chlorure d'ammonium en concentration et volume correspondant à 0,19 g/litre dans le réacteur 5' (teneur en azote : 0,05g/litre; rapport carbone /azote : 16).

- Milieu de propagation de la culture bactérienne(réservoir 3) : souche de Pseudomonas sp.

- Milieu de propagation de la culture de protozoaires(réservoir 7') : Tetrahymena pyriformis.

- Demande chimique en oxygène dans l'eau épurée(réservoir 9') 112mg O₂/ litre.

- Rendement d'épuration : $\frac{2392-112}{2392} \times 100 = 95,3 \%$

- Teneur en hydrates de carbone²³⁹² métabolisés par les bactéries 1,84g/litre.

- Teneur en protozoaires (matière sèche) dans la biomasse de protozoaires engendrée dans le réacteur 5' : 0,14 g/litre, soit 140 kg pour un volume initial d'eaux usées de 1000 m³.

- Rendement global de conversion d'hydrates de carbone en protozoaires :

$\frac{140}{1840} \times 100 = 7,61\%$

L'invention a également pour objet l'utilisation de la biomasse de protozoaires, obtenue par le procédé qui vient d'être décrit, comme source de protéines.

Suivant la nature de la biomasse de protozoaires , on peut procéder à l'extraction des protéines, de manière connue en soi, à partir des protozoaires, ou bien utiliser directement les protozoaires comme matière protéique, notamment en vue de l'alimentation animale.

Le procédé qui vient d'être décrit peut être mis en oeuvre en vue de l'obtention d'une biomasse de protozoaires, non seulement en utilisant des eaux usées comme matière première mais également à partir de tout milieu liquide approprié renfermant une quantité convenable de matières organiques bio-dégradables.

De manière générale, on peut donc considérer ce procédé comme un procédé de fabrication de matières protéiques utilisables dans l'alimentation.

- Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée aux modes de réalisation décrits et représentés qui n'ont été donnés qu'à titre d'exemple. En particulier, elle comprend tous les moyens constituant des équivalents techniques des moyens décrits, ainsi
- 5 que leurs combinaisons, si celles-ci sont exécutées suivant son esprit et mises en oeuvre dans le cadre des revendications qui suivent.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'épuration d'eaux usées renfermant des matières organiques bio-dégradables, caractérisé en ce que l'on fait croître une culture de microorganismes, choisis parmi les bactéries aérobies et les levures, en utilisant ces eaux comme milieu de culture et en maintenant la croissance de ces microorganismes en phase exponentielle, que l'on utilise la biomasse ainsi obtenue comme milieu nutritif d'une culture de protozoaires et que l'on sépare la biomasse de protozoaires de l'eau épurée.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite culture de microorganismes est choisie parmi les cultures de l'une des souches de bactéries suivantes : *Pseudomonas* sp et *Brevibacterium* sp.
3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite culture de microorganismes est une culture de levures du genre *Torula*.
4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite culture de microorganismes est un mélange de bactéries aérobies et de levures.
5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite culture de protozoaires est une culture d'au moins une souche de protozoaires ciliés.
6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que ladite souche de protozoaires ciliés est l'une des souches de protozoaires ciliés suivantes : *Tetrahymena pyriformis* et *Colpidium camphilum*.
7. Biomasse de protozoaires obtenue par le procédé selon la revendication 1 caractérisée en ce qu'elle est utilisée comme source de protéines.

